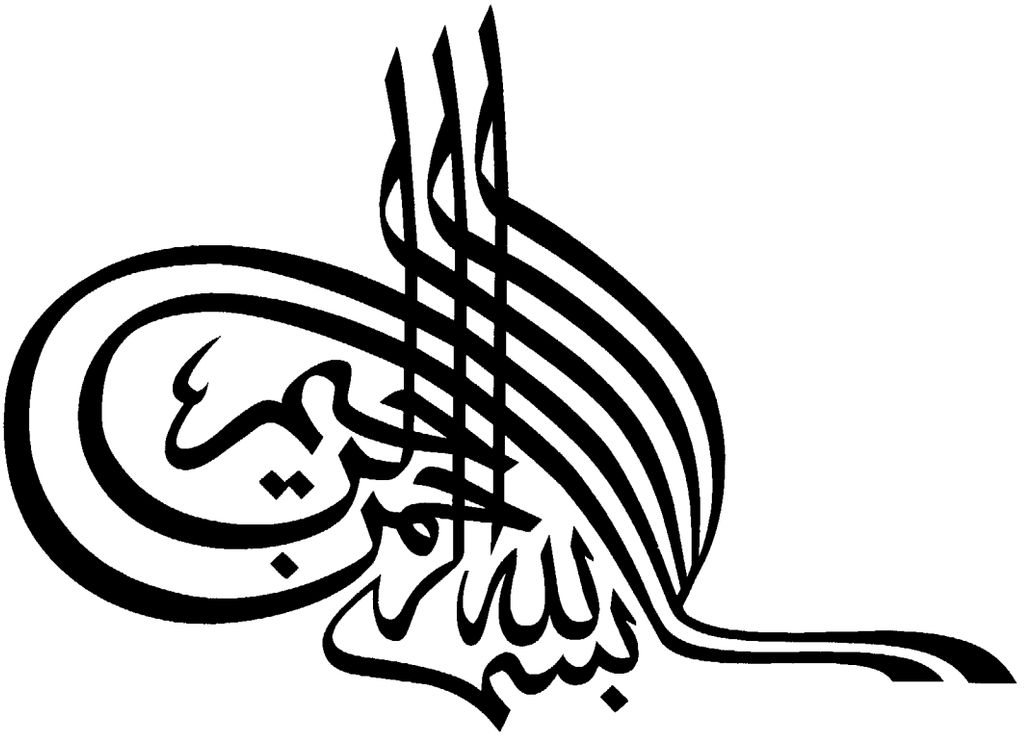

٤٨٩٣٨

۱۳۸۲ /۵/ ۳۰
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی ومهندسی
بخش مهندسی معدن

پایان نامه برای تکمیل دوره کارشناسی ارشد

مطالعه و بررسی تحریک پذیری مخازن نفتی کربناته در شرایط اسیدزنی چاه/میدان نفتی اهواز

نگارش :

مهدی توسلی

اساتید راهنما :

دکترمحمد رنجبر

دکتر عبدالمجید موحدی نیا

٤٨٩٣٨

مشاور صنعتی :

مهندس محمد سلیمانی

شهریور ۱۳۸۱

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

جمهوری اسلامی ایران

بسمه تعالی

شماره .....
تاریخ .....
پیوست .....

به نام خدا

۱۳۸۲ /۵/ ۳۰

این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی معدن دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مربوطه شناخته نمی شود.

نام و نام خانوادگی: **امضا:**

دانشجو: مهدی توسلی

استادان راهنما:

دکتر محمد رنجبر و دکتر عبدالمجید موحدی نیا

استاد مشاور:

مهندس محمد سلیمانی

داور ۱: دکتر سعید کریمی نسب

داور ۲: دکتر صرافی

حق چاپ محفوظ و مخصوص مولف است.

با ژرفترین سپاسها ، تقدیم به :

سرچشمه مهر و محبت : مادرم

سرچشمه زندگی : پدرم

سرچشمه عشق و عاطفه : خواهر عزیزم

و

کلیه اساتید بزرگواری که افتخار

شاگردیشان را داشته ام .

"من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق"

تقدیر و تشکر

بدون شک در انجام این پروژه افراد بسیاری سهیم بوده‌اند که ذکر نامشان می‌تواند تنها گوشه‌ای از لطف و محبت آنها را جبران نماید :

استاد محترم جناب آقای دکتر محمد رنجبر که کمک و راهنماییهای بیدریغ ایشان سهم بسزایی در پیشبرد این پروژه داشت و کمال تشکر و قدردانی را از ایشان دارم.

استاد گرامی جناب آقای دکتر موحدی‌نیا که انجام این تحقیق با موافقت و بهره‌گیری از کمکهای فکری ایشان میسر گردید و همواره از راهنماییهای گرانقدر ایشان بهره بردم.

همچنین بر خود لازم می‌دانم از پرسنل محترم آزمایشگاه که در انجام این پروژه زحمات زیادی را برای بنده متقبل شدند و همچنین جناب آقای دکتر ولی احمد سجادیان وجناب آقای دکتر مهدی جعفری و مهندس سروش سهرابی که همواره مشوق وهمراه بنده بودند و از مشورت‌های آنها بهره‌های فراوانی بردم کمال تشکر و قدردانی را نمایم.

در نهایت از تمام کسانی که بنحوی در انجام این تحقیق مرا یاری کردند و نامی از آنها برده نشد پوزش خواسته ، صمیمانه از آنها تشکر می‌کنم و موفقیت و سلامتی روزافزون برایشان آرزو می‌کنم.

چکیده

از روشهای کاربردی که می تواند هزینه و زمان برداشت نفت را کاهش و ضریب بهره دهی مخازن را بعضاً حدود ۵۰۰ در صد افزایش دهد، روش اسید کاری می باشد. این روش برای رفع آسیبهای سازند و افزایش نفوذپذیری مخازن در ایران نیز بکار گرفته می شود.

با توجه به اینکه کلیه اسیدکاریهایی که در سنگهای کربناته میدان نفتی اهواز- بنگستان انجام شده است با موفقیت کامل همراه نبوده است ، به منظور بررسی دقیق این فرایند با استفاده از تجهیزاتی که قابلیت مشابه سازی شرایط واقعی چاه و مخزن را داشت ، بررسی جامعی روی یک چاه منتخب انجام شد و سپس نقش غلظت اسید بر شاخص های اسیدکاری (تغییرات نفوذپذیری و تخلخل) مورد بررسی قرار گرفت که پس از ارزیابی و بررسی تاریخچه حفاری و تولید و خواص سنگ و سیالات مخزن ، شریط بهینه ارائه گردید.

نتایج حاکی از آن بود که اسید HCl با غلظت ۱۵٪ بهترین حالت برای اسیدزنی این چاه می‌باشد و موید این مسئله بود که بالا بودن غلظت اسید، هماهنگ با افزایش عملکرد آن نبوده و غلظت بهینه را باید با در نظر گرفتن شرایط چاه و مخزن مورد نظر مشخص نمود.

فهرست عناوین

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول - بررسی آسیب‌های سازند	۴
۱-۱- مفاهیم مهندسی خواص سازند	۵
۱-۱-۱- انواع سنگ مخزن	۵
۱-۱-۱-۱- مخازن کربناته(شکافدار)	۶
۱-۱-۱-۲- مخازن ماسه‌ای(کلاسیک)	۸
۱-۱-۱-۳- مخازن ترکیبی	۸
۱-۱-۲- تخلخل و نفوذپذیری	۸
۱-۱-۳- خاصیت ترشوندگی	۱۰
۱-۱-۴- قانون دارسی	۱۰
۱-۱-۵- شاخص بهره دهی	۱۱
۱-۲- تعیین آسیب سازند	۱۲
۱-۳- تأثیر آسیب سازند بر بهره دهی چاه	۱۴
۱-۴- اطلاعات لازم در ارزیابی آسیب سازند	۱۵
۱-۵- عوامل ایجاد کننده آسیب به سازند	۱۶
۱-۵-۱- ایجاد آسیب در عملیات حفاری	۱۶
۱-۵-۲- آسیب در عملیات سیمانکاری	۱۹
۱-۵-۳- آسیب حاصل از عملیات تکمیل چاه	۲۰
۱-۵-۴- آسیب سازند در عملیات تولید	۲۱
۱-۵-۵- آسیب به سازند در عملیات تعمیر	۲۳
۱-۵-۶- ایجاد آسیب در عملیات انگیزش	۲۳
فصل دوم- بررسی اسیدکاری ماتریسی	۲۶
۲-۱- اسید کاری ماتریسی	۲۸
۲-۲- اسیدهای عملیاتی	۲۹
۲-۲-۱- اسیدهای معدنی	۳۰
۲-۲-۲-۱- اسیدهای آلی	۳۳

عنوان	صفحه
۲-۲-۳- اسیدهای پودر شده و یا کریستالی	۳۵
۲-۳- اسید کاری ماتریسی در طبقات کربناته	۳۵
۲-۳-۱- مکانیسم حمله اسید	۳۶
۲-۳-۲- اسیدهای مورد استفاده	۳۸
۲-۴- فاکتورهای موثر در اسیدکاری	۴۰
۲-۵- افزایه‌ها سیالات اسیدکاری	۴۴
۲-۵-۱- بازدارندهای خوردگی	۴۵
۲-۵-۱-۱- مکانیسم بازدارنده‌ها خوردگی	۴۵
۲-۵-۱-۲- ارزیابی آزمایشگاهی بازدارنده‌ها	۴۶
۲-۵-۱-۳- انتخاب بازدارنده‌ها	۴۷
۲-۵-۲- مواد موثر سطحی	۴۸
۲-۵-۳- حلالهای دوگانه	۵۰
۲-۵-۴- کاهنده‌های اصطکاک	۵۱
۲-۵-۵- عاملهای هدایت کننده	۵۱
۲-۵-۶- افزایه‌های کنترل آهن	۵۳
۲-۵-۶-۱- روشهای کنترل آهن	۵۳
۲-۵-۷- افزودنیهای تمیزکاری	۵۴
۲-۵-۸- سازگاری افزایه‌ها	۵۶
۲-۶- محاسبات و طراحی اسید کاری ماتریسی	۵۶
۲-۶-۱- تعیین مدار و نوع اسید	۵۷
۲-۶-۲- محاسبه دبی و فشار تزریق	۵۷
فصل سوم- معرفی میدان نفتی اهواز و چاه نمونه برای عملیات اسیدکاری	۵۸
۳-۱- معرفی میدان نفتی اهواز	۵۹
۳-۲- کلیاتی از سازندهای مناطق نفت خیز جنوب غرب ایران	۵۹
۳-۳- مشخصات سازندهای بهره ده میدان اهواز	۶۱
۳-۳-۱- مخزن آسماری	۶۱
۳-۳-۲- مخزن بنگستان	۶۶

عنوان	صفحه
۳-۳-۲-۱- مخزن ایلام	٦٧
۳-۳-۲-۲- مخزن سروک	۷
۳-۴- بررسی چاه AZ - X در میدان نفتی اهواز	۶۸
۳-۴-۱- خلاصه گزارش حفاری و بهره برداری	۶۸
۳-۴-۲- نتایج مغزه‌گیری	۷۱
فصل چهارم- آزمایشات و نتایج	۷۴
۴-۱- مراحل انجام آزمایشات	۷۵
۴-۱-۱- اندازه گیری تخلخل	۷۶
۴-۱-۲- اندازه گیری نفوذپذیری	۷۶
۴-۱-۳- تزریق اسید نمونه	۷۷
۴-۲- نتایج آزمایشات	۸۰
۴-۲-۱- آنالیز نمونه ها	۸۰
۴-۲-۲- آزمایشات اسیدکاری	۸۱
۴-۳- پیشنهاد رویه اسیدکاری	۹۰
نتیجه گیری و پیشنهادات	۹۴
مراجع	۹۵

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- اشکال فضاهای خالی در سنگهای کربناته	۷
شکل ۱-۲- تأثیر آسیب سازند اطراف چاه در فشار جریان	۱۴
شکل ۲-۱- اسیدکاری ماتریسی	۳۰
شکل ۲-۲- ایجاد یک Wormhole در اثر تزریق HCl در یک حفره آهکی	۳۶
شکل ۲-۳- چگونگی عملکرد اسید استیک و HCl در طبقات	۳۹
شکل ۲-۴ – سرعتهای نسبی واکنش HCl با سازندهای آهکی در $75^{\circ}F$	۴۱
شکل ۲-۵- سرعتهای نسبی واکنش HCl با سازندهای آهکی در $140^{\circ}F$	۴۲
شکل ۲-۶- منحنی مصرف اسید نسبت به زمان برای نسبت سطح به حجم اسیدهای مختلف	۴۴
شکل ۲- ۷ - یک سطح فلزی مرکب از مکانهای آندی و کاتدی	۴۵
شکل ۳-۱ - مقطع سازندهای مناطق نفت خیز جنوب غرب ایران	۶۱
شکل ۳-۲ - مخازن نفت و گاز جنوب غرب ایران در سازند آسماری	۶۲
شکل ۳-۳- طبقه بندی ماسه سنگ اهواز	۶۳
شکل ۳-۴ - برشهای ساختار زمین شناسی چاه AZ-X	۶۹
شکل ۴-۱- دستگاه اندازه گیری نفوذپذیری	۷۷
شکل ۴-۲- دستگاه اسیدکاری در شرایط مخزن	۷۹
شکل ۴-۳- تغییرات نفوذپذیری نسبت به زمان در اسیدزنی با HCl ۱۰ درصد	۸۶
شکل ۴-۴- تغییرات نفوذپذیری نسبت به زمان در اسیدزنی با HCl ۱۵ درصد	۸۶
شکل ۴-۵- تغییرات نفوذپذیری نسبت به زمان در اسیدزنی با HCl ۲۸ درصد	۸۷
شکل ۴-۶- تغییرات نرخ انگیزش نسبت به زمان در اسیدزنی با HCl ۱۰ درصد	۸۷
شکل ۴-۷- تغییرات نرخ انگیزش نسبت به زمان در اسیدزنی با HCl ۱۵ درصد	۸۸
شکل ۴-۸- تغییرات نرخ انگیزش نسبت به زمان در اسیدزنی با HCl ۲۸ درصد	۸۸
شکل ۴-۹- مقایسه تغییرات نفوذپذیری نسبت به زمان در اسیدزنی با غلظتهای مختلف	۸۹
شکل ۴-۱۰- مقایسه تغییرات نرخ انگیزش نسبت به زمان در اسیدزنی با غلظتهای مختلف	۸۹

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- فرمول شیمیایی کانیهای اصلی تشکیل دهنده مخازن	۶
جدول ۱-۲- کیفیت مخازن از نظر درجه تخلخل	۹
جدول ۱-۳- کیفیت مخازن از نظر درجه نفوذپذیری	۹
جدول ۱-۴- تستهای مختلف فیلتر اسیون برروی سه نوع گل حفاری	۱۷
جدول ۱-۵- انواع پیش شوینده‌های سیمانکاری	۲۰
جدول ۲-۱- مقایسه اسیدکاری کربناتها	۳۹
جدول ۲-۲- مقایسه اسیدها از نظر ثابت تفکیک	۴۲
جدول ۲-۳- درصد مصرف بعد از رسیدن به تعادل شیمیایی	۴۳
جدول۲-۴- مقایسه عوامل مختلف کنترل کننده آهن	۵۵
جدول ۳-۱- مشخصات پتروفیزیکی و فشار مخازن میدان نفتی اهواز	۶۸
جدول ۳-۲- مشخصات لوله‌های جداری در چاه X اهواز	۶۸
جدول ۳-۳- مشخصات گل حفاری بکار رفته در حفاری چاه X اهواز	۷۰
جدول ۳-۴- نتایج مغزه‌گیری از چاه Az- x	۷۲
جدول ۴-۱- مشخصات نفت خام چاه Az-x	۸۰
جدول ۴-۲- آنالیز آب نمونه آب چاه Az-x	۸۱
جدول ۴-۳- نتایج اسیدکاری با HCl ۱۰ درصد	۸۳
جدول ۴-٤- نتایج اسیدکاری با HCl ۱۵ درصد	۸۴
جدول ۴-۵- نتایج اسیدکاری با HCl ۲۸ درصد	۸۵

مقدمه

از مهم‌ترین خواص سنگ‌های مخزن، میزان درجه تخلخل آنها است که در آنها نفت و گاز تجمع می‌کنند. خلل و فرج‌ها هر قدر هم کوچک باشند، هیچ وقت خالی نیستند و با سیالاتی مانند آب، نفت و یا گاز پر شده‌اند. اگر این سیال بخواهد جریان پیدا کند، لازم است که این سوراخ‌های ریز به نحوی مرتبط باشند یا به عبارت دیگر نفوذپذیری داشته باشند. هر قدر نفوذپذیری بیشتر باشد، عبور سیال از میان خلل و فرج‌ها ساده‌تر و سریع‌تر صورت خواهد گرفت.

اکثراً در چاههای نفت و گازبه علت آسیب های واردبه سازند در منقطه نزدیک چاه، نفوذپذیری کاهش می‌یابد. از جمله عوامل این آسیبهاگل‌های حفاری هستند که در هنگام حفاری با نفوذ در طبقه ایجاد آسیب می‌کنند. رسوبات مواد آلی و معدنی نیز از جمله این موادند. برای رفع این موضوع و افزایش تولید چاه باید به درمان و انگیزش طبقات پرداخته شود.

اسیدکاری یکی از روش‌های عمومی و پرکاربرد در فرآیند انگیزش چاه می‌باشد. در این عملیات اسید با فشارهای متفاوت به داخل طبقات تزریق می‌گردد تا با حل نمودن و خارج کردن گیرها و نیز گشاد نمودن مجراهای موجود باعث افزایش نرخ تولید گردد.

روش‌های مؤثر اسیدکاری در صنعت نفت به سه دسته تقسیم می‌شود که به طور مختصر به قرار زیر می‌باشند :

الف) شستشوی اسیدی[1] : اصولاً هدف استفاده از این سیستم، افزایش نفوذپذیری سنگ مخزن نیست و فقط به منظور تمیز کردن مجرای ورود سیال از سنگ مخزن به داخل چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این سیستم اسیدکاری به منظور شستشوی مواد اندود شده بر روی سنگ مخزن در محل تماس با چاه (اندود گل) استفاده می‌شود. البته شرط لازم در اینجا قابل حل بودن اندود موردنظر در اسید است. همچنین از این روش می‌توان برای تمیز کردن شبکه‌ها بعد از عمل مشبک‌کاری استفاده کرد. بعد از قرارگرفتن اسید در کنار شبکه‌ها، آن را به گردش درمی‌آورده و به این ترتیب عمل تمیز کردن را انجام می‌پذیرد.

---

[1]- Acid Washing

این روش در اکثر مواقع با حضور دکل حفاری انجام می‌گیرد و به این صورت توان نگه داشتن اسید در کنار لایه‌ها و به گردش درآوردن آن امکان‌پذیر می‌شود.

ب) اسیدکاری ماتریسی[۲] : این سیستم اسیدکاری به منظور تمیز و بزرگتر کردن خلل و فرج‌های موجود در سنگ مخزن و یا ایجاد خلل و فرج جدید و در نتیجه بالا بردن نفوذپذیری آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، اسید با فشاری کمتر از فشار لازم برای شکاف دادن طبقه، به صورت شعاعی درتمام جوانب سنگ مخزن به درون خلل و فرج تزریق شده و با حل کردن مواد محلول مزاحم و گشادتر کردن منافذ، تولید نفت را افزایش می‌دهد. اکثراً این شیوه اسیدکاری زمانی کاربرد دارد که هدف بالابردن نفوذپذیری در محدوده نه چندان دور از چاه باشد.

ج) اسیدکاری شکاف‌دهنده[۱] :در این سیستم ، اسید با فشار بیش از فشار شکنندگی سنگ مخزن به داخل چاه پمپ می‌شودو به این ترتیب باعث ایجاد ترک در سنگ مخزن می‌گردد. با ایجاد ترک ، ارتباط معابر فوران در اثر ایجاد مجراهای جدید افزایش می‌یابد.

توجه به این نکته لازم است که عمل ایجاد ترک با استفاده از سیالات دیگر غیر از اسید هم انجام می‌گیرد ولی استفاده از اسید موجب خوردگی سنگ و ایجاد دندانه روی سطح شکاف‌ها می‌شود. بدین ترتیب بعد از برداشتن فشار و برگشتن شکاف‌ها به حالت اول، خلل و فرج باقی‌مانده و نیاز به استفاده از گلوله جهت جلوگیری از بسته شدن شکاف ها نظیر سایر روش‌ها نمی‌باشد.

به علت تفاوت نوع عملیات ، اسیدکاری ماتریسی و اسیدکاری شکاف‌دهنده خود به دو دسته اسیدکاری سنگ‌های کربناته و اسیدکاری طبقات ماسه‌سنگی تقسیم می‌شود. علاوه بر سیستم های ذکر شده، اسیدکاری در موارد دیگری نیز به کار می‌رود. به عنوان مثال برای از بین بردن امولسیون به وجود آمده در چاه و باز کردن مجراهای بسته به منظور خروج بلوک‌های آبی محبوس در سنگ، استفاده می‌شود.

---

[1] - Matrix Acidizing
[2] - Acid Fracturing

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

در طراحی سیستم اسیدکاری شستشوی اسیدی، نیاز به تخصص چندانی نیست اما برای سایر روش‌ها باید کلیه اطلاعات موجود اعم از مشخصات سنگ مخزن، موقعیت فشار چاه ، شاخص بهره‌وری، تاریخچه عملیات مربوط به چاه، نمونه نفت و آب سازند و ... مورد بررسی قرار گیرد.

در این تحقیق با توجه به این که میدان نفتی پیشنهاد شده برای طراحی اسیدکاری از جنس سنگ‌های کربناته می‌باشد و عملیات باید از نوع ماتریسی باشد، لذا ابتدا به موضوع چگونگی وارد آمدن آسیب به سازند و اسیدکاری ماتریسی خصوصاً در سنگ‌های کربناته پرداخته و سپس مشخصات کلی میدان و اطلاعات جزئی‌تر چاه پیشنهاد شده از طرف شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت نیز یک دویه اسیدکاری برای چاه فوق طبق آزمایشات و نتایج گرفته شده از نمونه مغزه و نفت خام و آب سازندی آن چاه پیشنهاد شده است . این آزمایشات در پژوهشگاه صنعت نفت و توسط دستگاه‌های مختلفی در آزمایشگاه های واحد گل و سیمان، کُر، استاندارد و تجزیه دستگاهی و همچنین با همکاری مهندسی بهره‌برداری انجام گرفته است.

فصل اول

بررسی آسیبهای سازند